

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
13. November 2003 (13.11.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 03/092931 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B22D 11/055**
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP03/02384
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
8. März 2003 (08.03.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
102 18 956.0 27. April 2002 (27.04.2002) DE  
102 53 735.6 19. November 2002 (19.11.2002) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SMS DEMAG AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Eduard-Schloemann-Strasse 4, 40237 Düsseldorf (DE).
- (72) Erfinder; und  
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **MANGLER, Dirk** [DE/DE]; Neptunstrasse 46, 47877 Willich (DE). **REIFFERSCHIED, Markus** [DE/DE]; Bahnhofstrasse 42, 40883 Ratingen (DE). **PLOCIENNIK, Uwe** [DE/DE]; Noldenkothen 21, 40882 Ratingen (DE).
- (74) Anwalt: **VALENTIN, Ekkehard**; Valentin, Gihlske, Grosse, Hammerstrasse 2, 57072 Siegen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ADJUSTMENT OF HEAT TRANSFER IN CONTINUOUS CASTING MOULDS IN PARTICULAR IN THE REGION OF THE MENISCUS

(54) Bezeichnung: ANPASSUNG DES WÄRMEÜBERGANGES BEI STRANGGIESSKOKILLEN, INSBESONDERE IM GIESSSPIEGELBEREICH

	MOULD BASE Kokillenfuß			MENISCUS REGION Meniskusbereich	MOULD HEAD Kokillenkopf
				D Kontaktfläche zum Stahl	
E Kanalquerschnittsfläche *	1.00	0.85	0.85	0.72	1.00
F Wirks. Kühlkanalwandfläche *	1.00	0.98	1.05	1.50	1.00
G Abstand zur Kontaktfläche *	1.00	1.00	0.95	0.80	1.00
H Kühlwirkung *	1.00	1.15	1.30	2.60	1.00

\* Werte sind Relativwerte und nur exemplarisch  
VALUES ARE RELATIVE VALUES AND ARE ONLY ILLUSTRATIVE

D:- CONTACT AREA WITH THE STEEL  
E:- CHANNEL CROSS-SECTIONAL AREA  
F:- EFFECTIVE COOLING CHANNEL WALL AREA  
G:- SEPARATION FROM THE CONTACT AREA  
H:- COOLING EFFECT

(57) Abstract: The invention relates to a mould for the continuous casting of molten metals, in particular steel, comprising cooling channels (1), such as cooling grooves, cooling slits or cooling drillings in the side of the mould (2) away from the melt contact surface. According to the invention, the heat transfer in the mould can be improved, whereby the geometric arrangement of the heat transfer planar surfaces of a cooling channel (1) or a group of cooling channels is adjusted in form, cross-sectional area, circumference, boundary surface qualities, orientation with respect to contact surfaces, arrangement and/or arrangement density with respect to the contact surfaces for the local formation of thermal flux density and/or temperature of the contact surfaces (18) during casting operation and in particular in the region of the meniscus (11).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

---

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Kokille zum Stranggiessen von schmelzflüssigen Metallen, insbesondere von Stahl, mit Kühlkanälen (1) wie Kühlnuten, Kühltaschen oder Kühlbohrungen in der von der Kontaktfläche mit der Schmelze abgewandten Kokillenseite (2). Der Wärmeübergang der Kokille wird dadurch verbessert, dass die geometrischen Ausgestaltungen der wärmeübertragenden Flächenbereiche eines Kühlkanals (1) oder einer Gruppe von Kühlkanälen in Form, Querschnittsfläche, Umfang, Grenzflächenbeschaffenheit, Orientierung zur Kontaktfläche, Anordnung und/oder Anordnungsdichte gegenüber der Kontaktfläche der lokalen Ausbildung von Wärmestromdichte und/oder Temperatur der Kontaktfläche (18) im Giessbetrieb, und insbesondere im Giessspiegelbereich (11), angepasst ist.

ANPASSUNG DES WÄRMEÜBERGANGES BEI STRANGGIESSKOKILLEN, INSBESONDERE IM  
GIESSSPIEGELBEREICH

Die Erfindung betrifft eine Kokille zum Stranggießen von schmelzflüssigen Metallen, insbesondere von Stahl, mit Kühlkanälen wie Kühlnuten, Kühlschlitzen oder Kühlbohrungen in der von der Kontaktfläche mit der Schmelze abgewandten Kokillenseite.

Eine Stranggießkokille, insbesondere eine CSP (Compact Strip Production)-Kokille üblicher Bauart in Form einer Plattenkokille, zum Stranggießen von Vorblöcken oder Brammen aus Stahl, ist zumeist mit Seitenwänden ausgebildet, die jeweils aus einer Stützwand und einer an dieser befestigten, mit der Metallschmelze in Kontakt gelangenden Innenplatte bestehen. Bevorzugt an der der Stützwand zugewandten Seite der Innenplatte sind zueinander parallele Kühlmittelkanäle vorgesehen, die als zur Stützwand offene Schlitze ausgebildet sein können.

Bei CSP - Kokillen aktueller Bauart sind die Wärmeübergangsverhältnisse über der Kokillenhöhe, insbesondere in einem Bereich über und unter dem Badspiegel, in Grenzen veränderlich. Beispielsweise wird die Wandtemperatur der Kokille oberhalb des Badspiegels abgesenkt. Wenn jedoch der Wärmeübergang im Bereich und/oder oberhalb des Badspiegels verringert wird, so steigt die Temperatur der Kokille. Dies hat folgende Vorteile:

- Durch die im Bereich des Badspiegels wärmere Kokille wird Gießpulver schneller aufgeschmolzen;
- Schnelleres Aufschmelzen des Gießpulvers erhöht die Schmierwirkung zwischen Strang und Kokille, mit dem Ergebnis einer besseren Strangoberfläche;
- Bessere Schmierung führt zu einer niedrigeren Kokilloberfläche unterhalb des Badspiegels, dadurch ergeben sich verringerte thermische

5 Spannungen und verringerte Tendenz zu Rissbildungen, infolgedessen höhere Standzeiten der Kokille;

- Wärmere Bereiche der Kokille oberhalb des Badspiegels reduzieren die Druckspannungen in Bereichen unterhalb desselben. Dies vermindert  
10 ebenfalls die Rissbildung und führt zu höheren Standzeiten der Kokille.

Durch Messungen an Stranggießkokillen ist es bekannt, dass die Verteilung der Wärmestromdichten unterhalb des Badspiegels zwischen 20 und 80 mm ein Maximum aufweist, um ausgehend hiervon sowohl in Gießrichtung, als auch  
15 dazu entgegengesetzt nach Art einer Glockenkurve abzufallen. Dabei beträgt der Bereich der erhöhten Wärmestromdichte ca. 120 mm.

Ein zuordenbares Diagramm der Temperaturverteilung der Schmelze in der Kokille entspricht der Krümmung einer liegenden Parabel mit  $t_{\max}$  im Bereich  
20 der erhöhten Wärmestromdichte.

Das Dokument DE 38 40 448 C2 beschreibt eine Stranggießkokille, insbesondere Plattenkokille, deren Seitenwände jeweils von einer Stützwand und einer an dieser befestigten, mit Metallschmelze in Kontakt gelangenden Innenplatte  
25 gebildet sind, und wobei an der der Stützwand zugewandten Seite der Innenplatte zueinanderliegende Kühlmittelkanäle vorgesehen sind, die als zur Stützwand offene Schlitze ausgebildet sind, deren Breite geringer, und deren Tiefe größer als die Breite der zwischen den Schlitzen liegenden Rippen ist.

30 Die EP 0 551 311 B1 beschreibt eine flüssigkeitsgekühlte, breitenverstellbare Plattenkokille zum Stranggießen von Strängen aus Stahl im Brammenformat, insbesondere für eine Dicke unter 100 mm. Bei dieser sind die Breitseitenplatten und Schmalseitenplatten in Richtung ihrer Quererstreckung im Sinn einer Querschnittsvergrößerung für den Strang ausgebildet, die Schmalseitenplatten  
35 sind über die Kokillenhöhe im wesentlichen parallel zueinander angeordnet und die Breitseitenplatten mindestens im Bereich geringster Brammenbreite konkav

5 ausgebildet, derart, dass im Querschnitt die Scheitelhöhe der einen Bogen bildenden Kokillenwand gegenüber einem eingeschriebenen Rechteck auf der Eingießseite der Kokille maximal 12 mm pro 1000 mm Brammenbreite beträgt und die Form der Breitseitenplatten am Strangaustrittsende der Kokille dem zu erzeugenden Strangformat entspricht. Die Breitseitenplatten sind im Verstellbereich der Schmalseitenplatten als ebene Fläche ausgebildet und es sind in der  
10 der formgebenden Seite abgewandten Seite schlitzzartige Kanäle angeordnet.

Die EP 0 968 779 A1 betrifft die Ausbildung einer Breitseite einer Brammenkokille, mit einer Gießplatte mit einer Innenfläche und einer dieser gegenüberliegenden Außenfläche, wobei die Breitseite einen oberen und einen unteren Teilbereich aufweist, und wobei zumindest der obere Teilbereich einen Mittelbereich und zwei seitlich davon angeordnete Seitenbereiche aufweist. In dem Dokument wird vorgeschlagen, dass die Innenfläche der Gießplatte zur Bildung von Kühlkanälen Nuten mit Hinterschneidungen aufweist, und dass die Nuten  
15 von Füllstücken formschlüssig abgedeckt sind, die in die Hinterschneidungen eingeführt sind.  
20

Das U.S.- Patent 5,207,266 betrifft eine wassergekühlte Kupferkokille, umfassend eine Kupferplatte mit einem daran befestigten rückwärtigen Rahmen unter  
25 Ausbildung von Kühlkanälen, worin Weiten von Hauptkanälen in der Region der Befestigungsbolzen weiter als diejenigen in anderen Regionen sind. Die Kokille umfasst die Ausbildung größerer Kanäle zwischen rechtsseitigen und linksseitigen Kanälen in der Region der Befestigungsbolzen ausschließlich der Bolzenverschraubungen. Verzweigungs-Kanäle zwischen den Hauptkanälen und den  
30 vergrößerten Kanälen sind vorgesehen, worin zumindest Zweigkanäle und -bereiche von den Hauptkanälen mehr Wasserflächenbereiche aufweisen, als die Haupt- und vergrößerten Kanäle.

Für eine rasche und sichere, insbesondere gleichmäßige Ausbildung einer rissfreien Strangschale ist eine intensive Kühlung bzw. Wärmeabfuhr aus dem Bereich unterhalb des Meniskus bis zur Auslassöffnung der Kokille von aus-  
35



5 schlaggebender Bedeutung. Hierfür sind bei bekannten Kokillen folgende Möglichkeiten gegeben:

- Einstellen einer relativ hohen Kühlwassergeschwindigkeit,
- Absenken der Kühlwassertemperatur,
- 10 - Vergrößerung der Wärmetauscherflächen in den Kühlkanälen durch Kühlrippen.

Vorgenannte Varianten werden bereits bei der Auslegung von Kokillen für Stanggießanlagen in der Praxis vielfach angewandt.

15

Die Kontaktplatte der Kokille, die in der Regel aus einer Kupferlegierung besteht steht im "direkten Kontakt" mit dem flüssigen und erstarrten Metall. Die auch als Kupferplatte bezeichnete Kontaktplatte ist ein Verschleißteil und wird auf einem Trägerelement, meist aus Stahl bestehend, befestigt. Das wiederverwertbare

20

Trägerelement wird Wasserkasten genannt.

25

Die Kokille selbst wirkt als Kristallisator, d. h. dem eingebrachten flüssigen Stahl wird soviel Energie entzogen, dass eine tragfähige Strangschale entsteht, die dann kontinuierlich aus der Kokille herausgezogen werden kann. Dabei bildet sich eine erste Strangschale in Höhe des Füllstandes in der Kokille am sogenannten Meniskus. Der Begriff Meniskus steht für den frühen Entstehungsbereich der Strangschale in dem die Kontaktfläche der Kokille, festes und geschmolzenes Gießhilfsmittel sowie Flüssigstahl und Strangschale zusammen-  
30 treffen. Als Gießhilfsmittel werden Gießpulver und Öle eingesetzt. Diese trennen Metall und Kupfer durch Schmierung voneinander und steuern den lokalen Wärmeübergang (Fig. 8).

35

Das am Meniskus gebildete erste Strangschalenvolumenelement wandert mit Abzugsgeschwindigkeit durch die Kokille. Aufgrund des gegebenen Temperaturgradienten zwischen Flüssigstahl und Kühlmedium stellt sich ein lokaler Energiestrom in Richtung der Kühlkanäle ein. Sein Energieinhalt wird über die

5 mit dem Kühlmittel, meist Wasser, durchströmten Kühlkanäle abgeführt. Die Strangschalendicke nimmt entsprechend zu.

Die in der Kokillenkonstruktion ausgebildeten Kühlkanäle können vollständig innerhalb der Kupferplatte oder auch innerhalb des Wasserkastenelements be-  
10 findlich ausgeführt sein. Auch Mischbauweisen sind bekannt. Zudem sind Varianten verbreitet, bei denen Füllstücke zwischen Wasserkasten und Kupferplatte derartig angeordnet sind, dass geeignete Kühlkanäle entstehen.

Aus fertigungstechnischen Gründen sind Kühlkanäle mit Rechteck- oder Kreis-  
15 querschnitten weit verbreitet. Eckenbereiche können mit Verrundungen ausgeführt sein. Durch geeignete Füllstücke werden aber auch U-, L- und T-Formen beliebiger Ausrichtung gegenüber der Kontaktfläche erzeugt. Die typische Anordnung der Kühlkanäle folgt einzeln oder gruppiert der Gießrichtung, d. h. von oben nach unten, und meist äquidistant zur Kontaktfläche zum Metall. Ziel der  
20 Bemühungen ist, über die Kontaktfläche der Kokille eine möglichst homogene Kühlwirkung zu erzielen, was im Bereich von Befestigungsstellen oft nur bedingt gelingt. Oft werden in Querschnittsfläche und/oder Geometrieform unterschiedlich gestaltete Kühlkanäle nebeneinander kombiniert, um die Gleichmäßigkeit der Kühlwirkung über der Gießbreite weiter zu optimieren (Fig. 10).

25

All diesen Bauformen gemeinsam ist die Eigenschaft, dass die Geometrie eines einzelnen Kühlschlitzes über seine Länge in Form und Querschnittsfläche unverändert bleibt. Diese Ausführung implementiert, dass die zur Kühlung nutzbare Kühlkanalfläche über die Kühlkanallänge unveränderlich bleibt. Über die  
30 Mengengleichheit entlang eines gedachten Stromfadens lässt sich weiterhin ableiten, dass die Strömungsgeschwindigkeit über die Kühlkanallänge konstant bleibt.

Diesbezüglich existiert lediglich eine Sonderausführung für Kühlkanalbohrungen  
35 in die von oben oder unten, zentrale Verdrängerstifte eingebracht werden können. Da die Länge des Verdrängerstiftes in der Regel kürzer ist als die Boh-

5      rungslänge selbst, kommt es im Kühlkanal zu einer Querschnittsverengung, was zu einer Beschleunigung des Kühlmediums in diesem Übergangsbereich führt. Im verengten Querschnittsbereich fließt das Kühlmedium dann schneller, was die Kühlwirkung entsprechend verstärkt. Die für den Kühlkanal wirksame Kühlfläche bleibt von dieser Maßnahme allerdings unberührt.

10      Die bisher üblichen konstruktiven Auslegungen der Kühlkanäle zielen auf eine möglichst homogene Kühlwirkung, wobei die tatsächlich vorhandene, inhomogene thermische Belastungsverteilung auf der Kokillenplatte keine Berücksichtigung findet. Aufgrund der notwendigen mehrdimensionalen Betrachtung sind  
15      zwei Inhomogenitäten in der thermischen Lastverteilung zu unterscheiden.

- Inhomogenität parallel zur Gießrichtung
- Inhomogenität senkrecht zur Gießrichtung

20      In Gießrichtung kann der Wärmeübergang aus dem flüssigen Stahl in das Kühlmedium im Kühlkanal vereinfacht als eindimensionale Wärmeleitung durch mehrere Schichten betrachtet werden. In der Energiebilanzgleichung sind zu berücksichtigen:

- 25      1.      Wärmeübergang aus dem Flüssigstahl in die gebildete Strangschale  
2.      Wärmeleitung durch die Strangschale  
3.      Wärmeleitung durch die Schmiermittelschicht  
4.      Wärmeleitung durch die Kupferplatte  
5.      Wärmeübergang in das Kühlmedium

30

Im stationären Fall sind Quellterme nicht zu berücksichtigen.

Im Term der Wärmeleitung durch die Strangschale liegt eine Ursache für die ungleichmäßige, thermische Lastverteilung über der Kokillennlänge, da im Gieß-  
35      spiegel überhaupt erst eine Strangschale entsteht und diese in Gießrichtung weiter wächst. Der Wärmeübergang behindert sich somit mit zunehmender



5 Strangschalendicke selbst. Setzt man alle übrigen Parameter konstant, ist daher zu erwarten, dass der Wärmestrom am Gießspiegel seinen höchsten Wert aufweist und dann in Gießrichtung kontinuierlich abnimmt. Aus der Integration über die gesamte Kühlkanallänge kann ein mittlerer Wärmestrom abgeleitet werden. Aufgrund der Mehrdimensionalität der Wärmeleitung – oberhalb des  
10 Gießspiegels erfolgt kein Wärmeeintrag – wird sich der theoretisch scharfe Verlauf der Wärmestromdichte glätten und die Lage des Maximums in Gießrichtung verschieben (Figur 9).

Betriebsmessungen von lokalen Wärmestromdichten belegen, dass gegenüber  
15 dem mittleren Wärmestrom die lokalen Werte im Gießspiegelbereich um den Faktor 1,5 bis 3 höher, dagegen die Werte am Kokillenfuß um den Faktor 0.3 bis 0.6 niedriger liegen können. Die Lage des Maximums liegt je nach Anlage und Prozessparameter 20 bis 70 mm unterhalb der eigentlichen Gießspiegellage. Die absoluten Werte der mittleren Wärmestromdichten sind zum einen von  
20 Gießpulver, insbesondere aber auch von der Gießgeschwindigkeit abhängig. So werden in der Literatur mittlere Wärmestromdichten um  $1.0 \text{ MW/m}^2$  bei  $0.9 \text{ m/min}$ ,  $2.0 \text{ MW/m}^2$  bei  $3.0 \text{ m/min}$  und  $3.0 \text{ MW/m}^2$  bei  $5.5 \text{ m/min}$  Gießgeschwindigkeiten genannt. Über die genannten Faktoren lassen sich die zu erwartenden lokalen Wärmestromdichten zumindestens abschätzen.

25

Die ungleichmäßige Verteilung der Wärmestromdichte in Gießrichtung führt dazu, dass der thermische Hauptverschleiß an der Kokillenplatte fast ausnahmslos im Gießspiegelbereich – stattfindet. Dieser äußert sich in Riefen, Rissen, Deformationen und sogar Abplatzungen von eventuell vorher aufgetragenen  
30 Schichten.

35

Auch in Breitenrichtung ist die Belastung der Kokillenplatte durchaus unterschiedlich. Inhomogenitäten resultieren meist aus dem sich in der Kokille ausbildendem Strömungsfeld des flüssigen Stahls. Die Vorgänge sind eng verknüpft mit der geometrischen Ausgestaltung des stahlzuführenden Tauchaussgusses, der Kontaktflächengeometrie und anderen Prozessgrößen. Stationäre

5 und instationäre Vorgänge am Gießspiegelausbildungen bewirken eine meist anlagenspezifisch inhomogene Ausbildung des Meniskus. Mit der inhomogenen Meniskusbildung ist auch eine inhomogene Wärmeverteilung verbunden, sodass die Hauptschädigung sich nicht gleichmäßig über der Kokillenbreite ausbildet, sondern konzentriert an bestimmten Stellen einsetzt.

10 Ausgehend vom vorgenannten Stand der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, den für die Kühlwirkung der Kühlkanäle massgebenden Wärmeübergang durch eine besondere geometrische Ausgestaltung der wärmeübertragenden Flächenbereiche eines Kühlkanals bzw. einer Gruppe derselben  
15 der lokalen Wärmestromdichte der mit der Schmelze in Berührung stehenden Kontaktfläche der Kokille anzupassen.

Die Lösung der Aufgabe wird mit der Erfindung entsprechend den Merkmalen von Anspruch 1 erreicht.

20 Weitere erfindungsgemäße Beeinflussungen des Wärmeüberganges und damit der Kühlwirkung des bzw. der Kühlkanäle sind entsprechend den Unteransprüchen vorgesehen. Dabei kann z. B. zur Beeinflussung der lokalen Kühlwirkung eines Kanals dessen Form, Querschnittsfläche, Umfang, Grenzflächenbe-  
25 schaffenheit, Orientierung und Anordnung relativ zur Kontaktfläche lokal variiert sein.

Weiterhin können z. B. die wirksamen Wärmeaustauschflächen am Kanalgrund bzw. an den Seitenwänden vergrößert oder verkleinert sein.

30 Beispielsweise werden durch Ausbildung von Riefen in den Grund- oder Seitenflächen der Kühlkanäle diese oberflächenmäßig wesentlich vergrößert bis nahezu verdoppelt, was zu einer höheren Wärmestromdichte mit erheblich intensiverer Kühlwirkung bei gleicher Strömungsgeschwindigkeit des Kühlmedi-  
35 ums führt, mit dem bedeutenden Vorteil, dass die Temperaturen der Kokille erheblich gesenkt werden, sodass neben der geringeren Belastung des Kokillen-

5 werkstoffes ggf. auch die Wasserdrücke für das Kühlwasser gesenkt werden können.

Vergleichende Temperaturberechnungen haben hierbei beispielhaft folgende Werte ergeben:

10 - glatte Oberfläche der Wärmetauscherfläche am Grunde von Kühlnuten (Grad C):

507° Temperatur zum Strang                      173° Temperatur zum Wasser

- vergrößerte Oberfläche gemäß der Erfindung

462° Temperatur zum Strang                      131° Temperatur zum Wasser

15 - -45° Differenz                      -42° Differenz.

Die Zahlen beweisen in aller Deutlichkeit die positive Wirkung der Maßnahme nach der Erfindung. Eine künstliche Vergrößerung der Kühlkanaloberflächen kann auch bei gebohrten CSP-Kokillen vorzugsweise im Meniskusbereich mit  
20 Hilfe eines Räum-Werkzeuges realisiert werden.

Andere Ausgestaltungen der Erfindung sind entsprechend weiteren Unteransprüchen vorgesehen. Dabei wird die künstliche Vergrößerung der Kühlkanaloberfläche nicht oberhalb des Badspiegels vorgenommen, weil in diesem  
25 Bereich der Kokille der Wärmeübergang eher reduziert werden soll, um das Aufschmelzen des Gießpulvers zu unterstützen.

Eine Verringerung des Wärmeübergangs oberhalb des Badspiegels wird erreicht durch:

30

- Einsatz von Hülsen in Kühlbohrungen oberhalb des Badspiegels,
- Beschichten der Bohrungen oberhalb des Badspiegels,
- Einbringen von Einsätzen aus geringer wärmeleitendem Material oberhalb des Badspiegels.

35

5 Gleichzeitig werden durch einen wärmeren Bereich der Kokille oberhalb des Badspiegels die Spannungen in der Kokille reduziert und so die Rissbildung des Stranges verringert unter gleichzeitiger Erhöhung der Verfügbarkeit der Kokille.

10 Hierbei hat sich als besonders zweckmäßig die Maßnahme erwiesen, dass die Wärmeabfuhr der wärmeübertragenden Flächenbereiche der Kühlkanäle durch eine über die Höhe der Kokille variierende Anpassung an deren Wärmestromdichteverteilung vorgenommen wird.

15 Hierdurch werden die Temperaturverläufe entlang der Kokillenhöhe in derselben noch mehr gleichmäßig und größere Materialspannungen in der im Entstehen begriffenen Strangschale vermieden und deren Rissbildung verhindert.

20 Die Erfindung wird anschließend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 einen Abschnitt einer Kokillenwand, in vergrößertem Schnitt, senkrecht zu ihrem Verlauf,

25 Figur 2 ein weiteres Teilstück der Kokillenwand gemäß Fig. 1, ebenfalls im Schnitt,

Figur 3 Kühlkanalbohrungen mit Riefen an ihren Innenflächen,

30 Figur 4 und 5 vergleichende Teile von Wärmetauschflächen ohne und mit vergrößerter Bodenfläche,

Figur 6 den Verlauf der Wärmestromdichte  $q$  über der Höhe  $H$  der Kokille unterhalb des Badspiegels,

35

- 5    Figur 7        ein Diagramm der Tiefe der Rillen R über der Höhe der Kokille mit zugeordnetem Verlauf einer Temperaturkurve T, ebenfalls unterhalb des Badspiegels mit  $T_{\max}$  oberhalb und unterhalb des Meniskusbereiches,
- 10   Figur 8        im Schnitt ein Stück einer Kokillenwand mit Kühlkanälen und zugeordnetem Wärmestrom,
- Figur 9        zwei zum Vergleich nebeneinander dargestellte Diagramme mit der mittleren bzw. globalen Wärmestromdichte bzw. Temperatur,
- 15        Figur 10       Teile von Kühlmittelkanälen unter Ausbildung vergleichbarer Wärmetauscherböden,
- 20   Figur 11       weitere Ausbildungsformen von Wärmeaustauscherböden,
- Figur 12       zeigt eine über die Kokillenhöhe angepasste Verteilung der Wärmestromdichteverteilung mit  $q_{\max}$  unterhalb des Badspiegels.

25

Die Figur 1 zeigt vergrößert einen Abschnitt 10 einer der Schmelze abgewandten Seite 2 einer Kokillenwand mit einer darin angeordneten schlitzartigen Kühlnut 1. Diese besitzt eine Breite B und eine Tiefe T. Der Bodenbereich der Kühlnut 1 ist nach der Erfindung mit einem Riefen 3 aufweisenden Profil ausgebildet, wodurch dessen Fläche gegenüber einer planen Ausführung, z. B. gemäß Figur 4, annähernd verdoppelt ist.

30

Dabei kann die Wärmeabfuhr der wärmeübertragenden Flächenbereiche der Kühlnuten –schlitze oder –bohrungen durch eine über die Höhe der Kokille variierende Anpassung an deren Wärmestromdichteverteilung vorgenommen werden, wie dies beispielsweise in der Figur 6 dargestellt ist.

35



5

Zu diesem Zweck ist vorgesehen, dass die Riefen 3 zwecks Variation der Intensität des Wärmeüberganges eine variable Tiefe 4 beispielsweise zwischen 1 und 4 mm besitzen und mit je einem Öffnungswinkel zwischen  $30^\circ$  und  $60^\circ$  ausgebildet sind, wie dies rein beispielhaft in der Figur 7 gezeigt ist. Die Riefen 3 können mit einem Öffnungswinkel bis ca.  $60^\circ$  und einer Höhe bis ca. 4 mm in Abständen "A" ausgebildet sein und ähneln dem Profil eines Gewindes. Natürlich können auch andere Formen, wie wellenförmig, trapezförmig, zahnförmig oder dgl. gestaltete Riefen vorgesehen werden, die zur Vergrößerung der kühlenden Oberfläche führen.

15

Figur 2 zeigt einen Abschnitt 10 einer Kokillenwand, umfassend je ein Stück einer Stützwand 5 mit einem Stück einer Innenplatte 6, die miteinander dicht anliegend verbunden, insbesondere miteinander verschraubt sind. Die Innenplatte 6 ist von Kühlkanälen 7 durchsetzt, die als gegen die Stützwand 5 offene und von der Stützwand 5 abgedeckte Schlitze ausgebildet sind. Nach der Erfindung sind die Schlitze an ihren Böden mit von Riefen durchsetzten Wärmetauscherflächen 3 versehen, die eine künstlich erhöhte Wärmestromdichte zur Folge haben.

20

Figur 3 zeigt ein beliebiges Teilstück 10 einer Kokillenwand mit darin angeordneten Kühlkanalbohrungen 8 mit in Form von Rillen bzw. Riefen 3 ausgebildeten Innenwänden 9.

25

Die Figuren 4 und 5 zeigen anhand angedeuteter Teile von Kühlmittelkanälen 7, 7' unter Ausbildung miteinander zu vergleichender Wärmeaustauscherböden 11 bzw. 12 eine glatte 11 und eine aus Riefen 12 bestehende Konfiguration sowie die zugehörigen Temperaturwerte. Diese zeigen für die Ausführung mit Riefenböden 12 eine deutliche Absenkung der Temperaturen unter streng identischen Ermittlungsbedingungen der zu vergleichenden Prozess-Parameter.

30

35

5 Figur 6 zeigt eine über die Höhe der Kokille erfindungsgemäß angepasste Wärmestromdichteverteilung mit  $q_{\max}$  in einem begrenzten Bereich unterhalb des Badspiegels (Bad). Entsprechend zeigt die Temperaturkurve T in der Figur 7 ein Temperaturmaximum  $T_{\max}$  innerhalb eines Bereiches 13 bis 17 von variabler Tiefe R der wärmetauschenden Rillen mit  $R_{\max}$  zwischen Punkt 14 und 15.  
10 Die Wärmetauscherrillen (3) beginnen bei 13 in Höhe des Badspiegels. Bei 14 ist die maximale Rillentiefe (4) erreicht. Diese maximale Rillentiefe geht bis 15 und wird wieder auf dem Weg über 16 auf das ursprüngliche Niveau reduziert.

Figur 8 zeigt im Schnitt eine Breitseitenwand einer Kokille, umfassend eine  
15 Stützplatte 20 mit einer daran befestigten Kontaktplatte 18, einer Schicht Giesshilfsmittel und angedeutetem Kühlmittelkanal 7, einer in Giessrichtung sich aufbauender Strangschale 19 sowie einen zuordenbaren Wärmestrom.

Figur 9 stellt eine Ergänzung zu den Figuren 6 und 7 dar, mit in Diagrammen  
20 angegebenem Verlauf der lokalen Wärmestromdichte/Temperatur im Vergleich zur wärmeübertragenden Kühlkanalfläche in Abhängigkeit von der Position des Meniskus.

Die Figuren 10 bzw. 11 zeigen unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten in  
25 der Ausführung von Kühlschlitzen, und insbesondere von deren Bodenregion.

Zugeordnet zu diesen Ausgestaltungen der Kühlkanäle zeigt die Figur 12 in Form einer tabellarischen Auflistung:

- 30 - die Kanalquerschnittsflächen  
- die wirksamen Kühlkanalwandflächen  
- deren Abstand zur Kontaktfläche  
- die sich daraus ergebende effektive Kühlwirkung,

35 wobei alle Werte Relativwerte sind und nur exemplarisch zu bewerten sind.

## 5 Bezugszeichenliste

- |    |           |  |
|----|-----------|--|
|    | 1.        | Kühlnuten  |
|    | 2.        | abgewandte Seite                                       |
| 10 | 3.        | Riefen   |
|    | 4.        | Tiefe  |
|    | 5.        | Stützwand  |
|    | 6.        | Innenplatte  |
|    | 7.        | Kühlmittelkanal  |
| 15 | 8.        | Kühlmittelbohrung                                      |
|    | 9.        | Wandteil   |
|    | 10.       | Abschnitt  |
|    | 11.       | Beginn der Wärmetauscherrillen in Höhe des Badspiegels |
|    | 12.       | maximale Rillentiefe                                   |
| 20 | 13.       | Ende der maximalen Rillentiefe                         |
|    | 14.       | Ende der Tiefenreduktion der Rillen                    |
|    | 15. – 17. | Konstante Rillentiefe erreicht                         |
|    | 18.       | Kontaktplatte, Kontaktfläche                           |
|    | 19.       | Strangschale   |
| 25 | 20.       | Stützplatte  |

## 5 Patentansprüche

1. Kokille zum Stranggießen von schmelzflüssigen Metallen, insbesondere von Stahl, mit Kühlkanälen (1) wie Kühlnuten, Kühlschlitzen oder Kühlbohrungen in der von der Kontaktfläche mit der Schmelze abgewandten Kokillenseite (2),

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die geometrischen Ausgestaltungen der wärmeübertragenden Flächenbereiche eines Kühlkanals (1) oder einer Gruppe von Kühlkanälen in Form, Querschnittsfläche, Umfang, Grenzflächenbeschaffenheit, Orientierung zur Kontaktfläche, Anordnung und/oder Anordnungsdichte gegenüber der Kontaktfläche der lokalen Ausbildung von Wärmestromdichte und/oder Temperatur der Kontaktfläche (18) im Gießbetrieb, und insbesondere im Gießspiegelbereich (11), angepasst ist.

2. Kokille nach Anspruch 1,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass zur Beeinflussung der lokalen Kühlwirkung eines Kühlkanals (1) dessen Form, Querschnittsfläche, Umfang, Grenzflächenbeschaffenheit, Orientierung und Anordnung sowie Anordnungsdichte relativ zur Kontaktfläche lokal variiert ist.

3. Kokille nach den Ansprüchen 1 oder 2,

**dadurch gekennzeichnet,**

dass die geometrischen Ausgestaltungen in wenigstens einem Kühlkanal (1) oder einer Gruppe von Kühlkanälen einzeln oder in Kombination zur Anwendung gelangen.

4. Kokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3,

**dadurch gekennzeichnet,**

- 5 dass die geometrischen Ausgestaltungen eines Kühlkanals (1) oder einer Gruppe von Kanälen fließend oder sprungartig ineinander übergehend ausgeführt sind.
- 10 5. Kokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass entsprechend der Ausgestaltung der Kühlkanäle (1) im Bereich der maximalen Wärmestromdichte bzw. der maximalen Temperatur der Kontaktfläche (18) die Kühlwirkung der Kühlkanäle (1) maximiert wird.
- 15 6. Kokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass zur Beeinflussung der lokalen Kühlintensität eines Kühlkanals (1) dessen wirksame Wärmeaustauschflächen am Kanalgrund bzw. an den Seitenflächen angepasst vergrößert oder verkleinert sind.
- 20 7. Kokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass zur Vergrößerungen der Wärmeaustauschflächen in den Kühlkanälen zusätzlich eingebrachte Nuten oder Riefen in ihrer Querschnittsgestaltung als Rechteck, Dreieck, Trapez, Teilkreis bzw. -ellipse oder beliebige Freiform ausgeführt sind und in Anzahl, Tiefe und Breite und in ihrer Lage parallel oder in sonstiger beliebiger Position dem Verlauf der Kühlkanäle angepasst sind.
- 25 8. Kokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
dass die Wärmeübertragungsflächen der Kühlkanäle (1) zur Beeinflussung der lokalen Kühlintensität hinsichtlich ihrer Grenzflächenbeschaffenheit verändert sind, z. B. durch Aufbringen definierter Wandrauheiten für erhöhten Wärmeübergang bzw. durch Aufbringen zusätzlicher Schichten für verringerten Wärmeübergang.
- 30 35



5

9. Kokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8,

**dadurch gekennzeichnet,**

10

dass zur Beeinflussung der lokalen Kühlintensität eines Kühlkanals (1) dessen isoperimetrische Querschnittsfläche durch Einbringen von zusätzlichen Nuten in die Grund- oder Seitenflächen vergrößert, bzw. durch Einsetzen von Verdrängungskörpern verringert ist.

10. Kokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9,

**dadurch gekennzeichnet,**

15

dass zur Beeinflussung der lokalen Kühlintensität eines Kühlkanals (1) und zur Veränderung der zunächst bezüglich der Kontaktfläche gerade ausgerichteten Kühlmittelströmung zusätzliche Nuten in die Kühlkanal-Grund- und/oder -Seitenflächen bzw. zusätzliche Verdrängungskörper eingebracht sind und/oder eine veränderte Wandgestaltung der Kühlkanäle (1) vorgesehen ist.

20

11. Kokille nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10,

**dadurch gekennzeichnet,**

25

dass zur Beeinflussung der lokalen Kühlintensität die Kühlkanäle (1) lokal oder global bezüglich ihres Abstandes zur Kontaktfläche und/oder Anordnungsdichte, d. h. Anzahl der Kühlkanäle pro Längeneinheit der Kokillenbreite angeordnet sind.

FIG.1

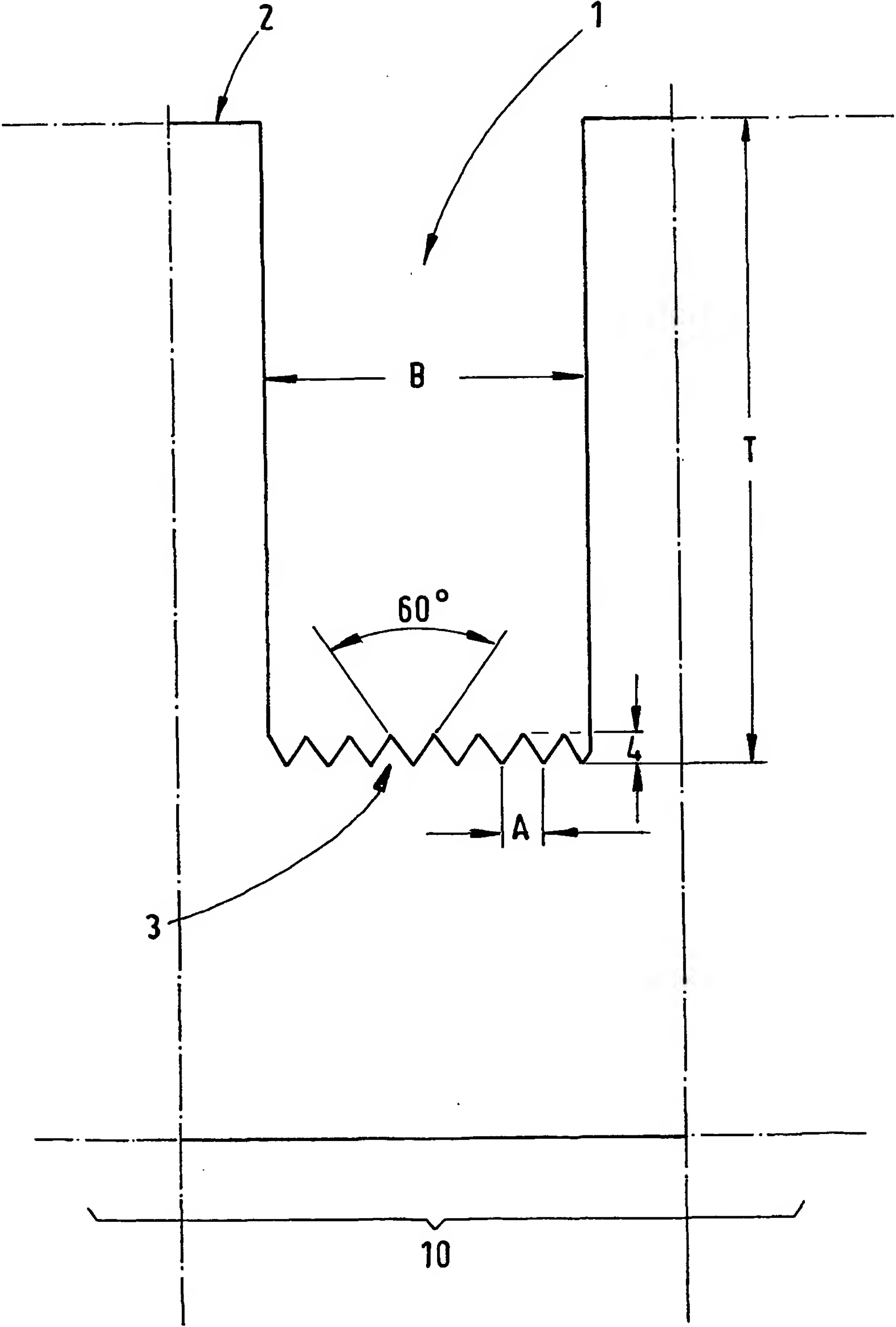


FIG. 2

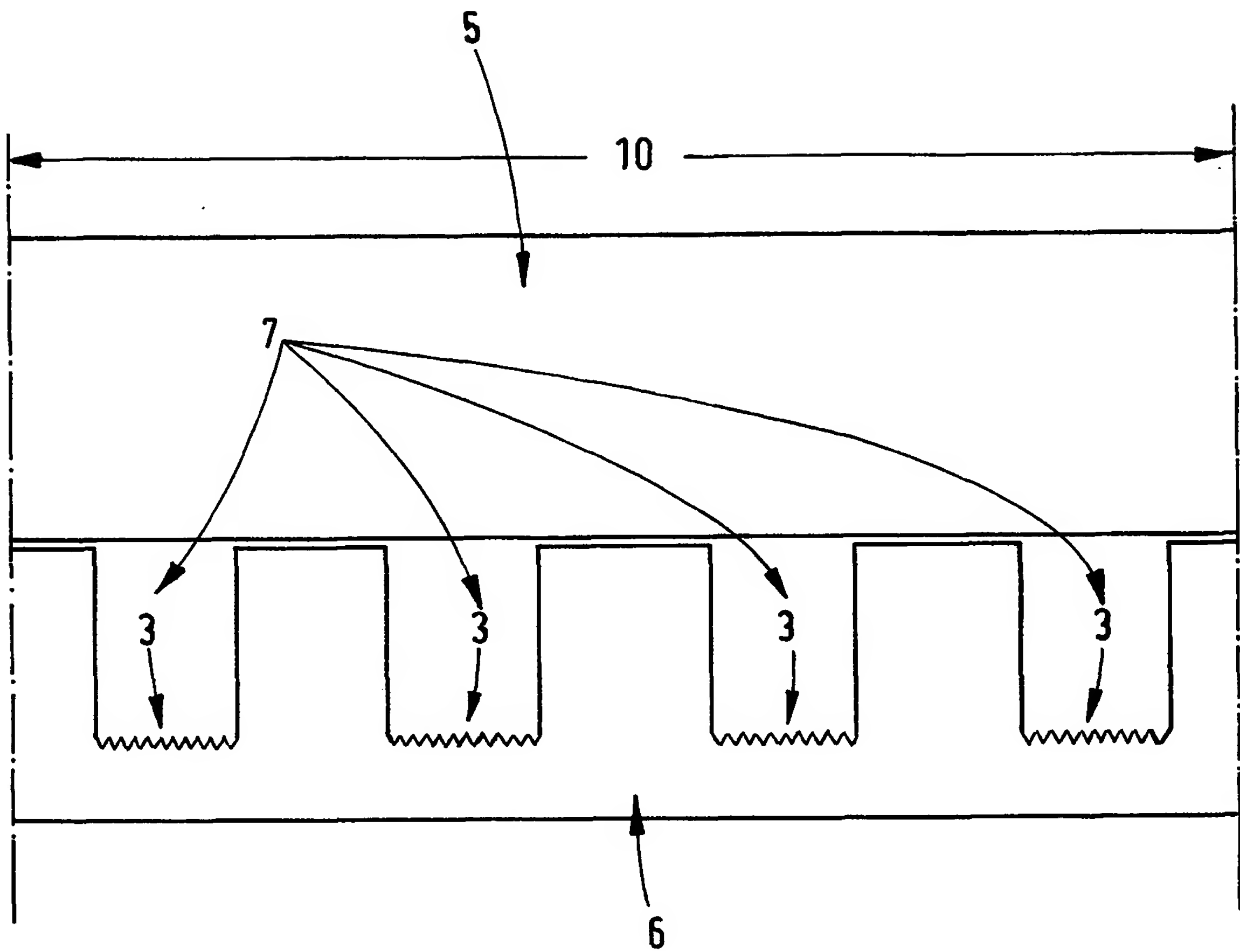
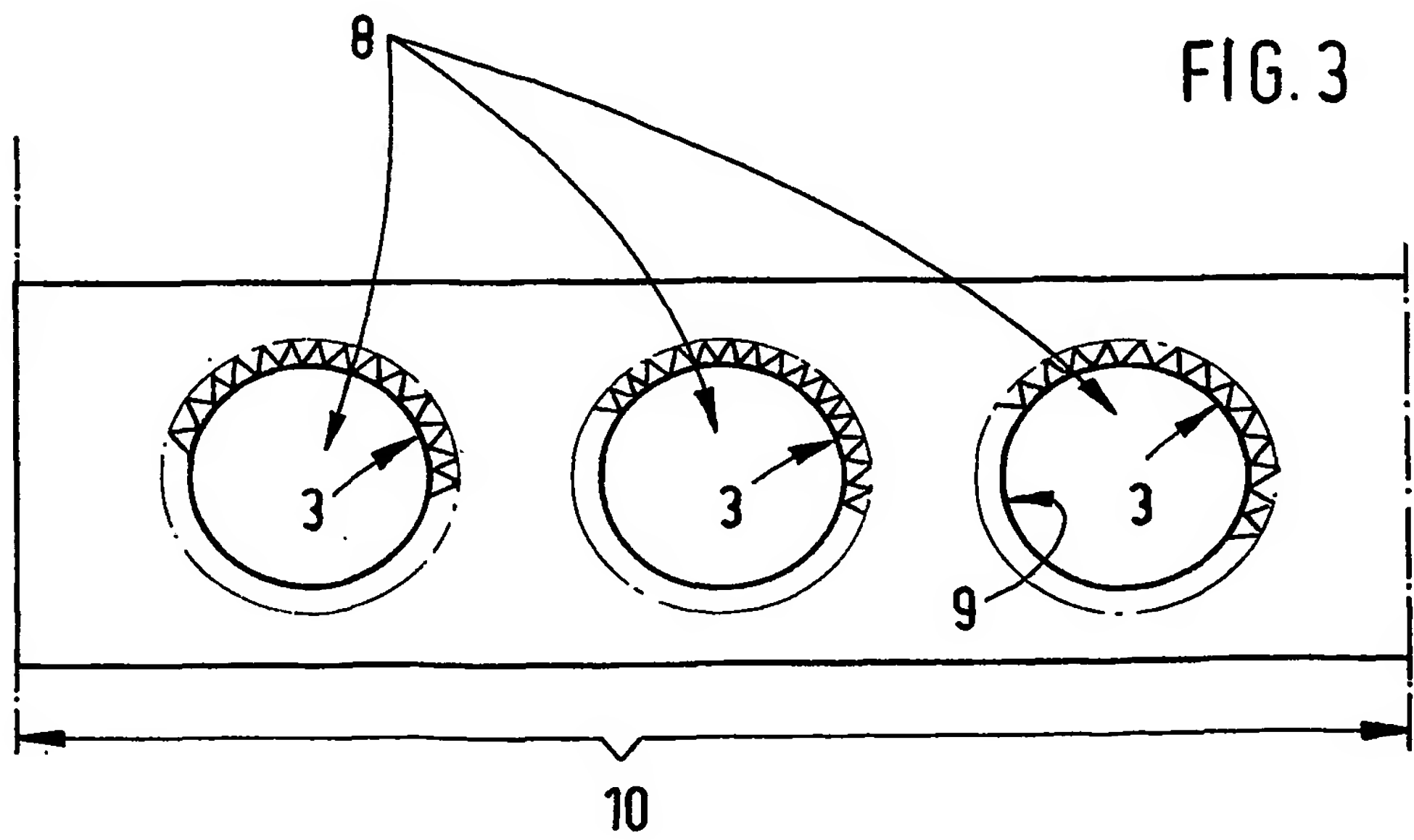


FIG. 3



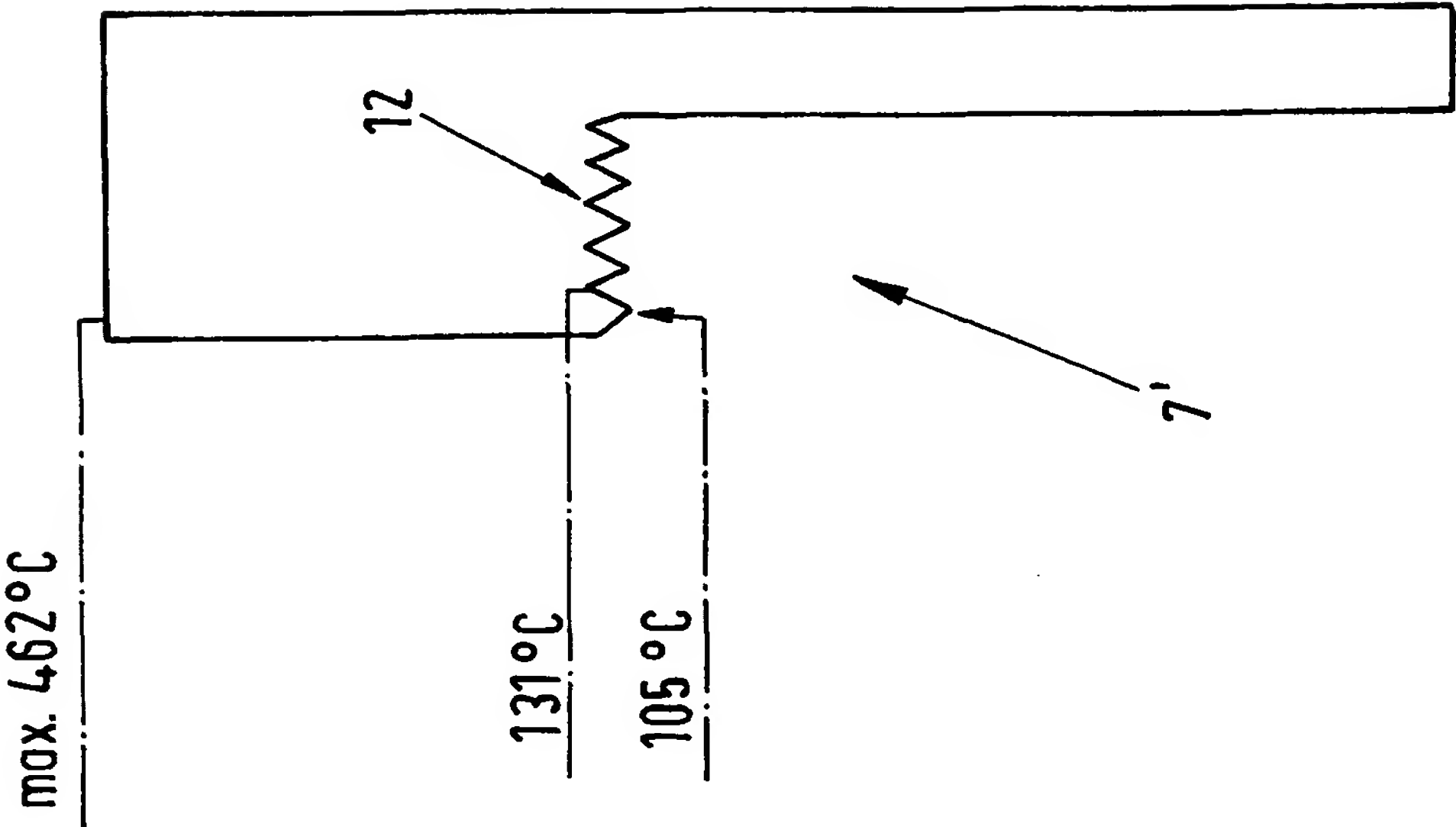


FIG. 5

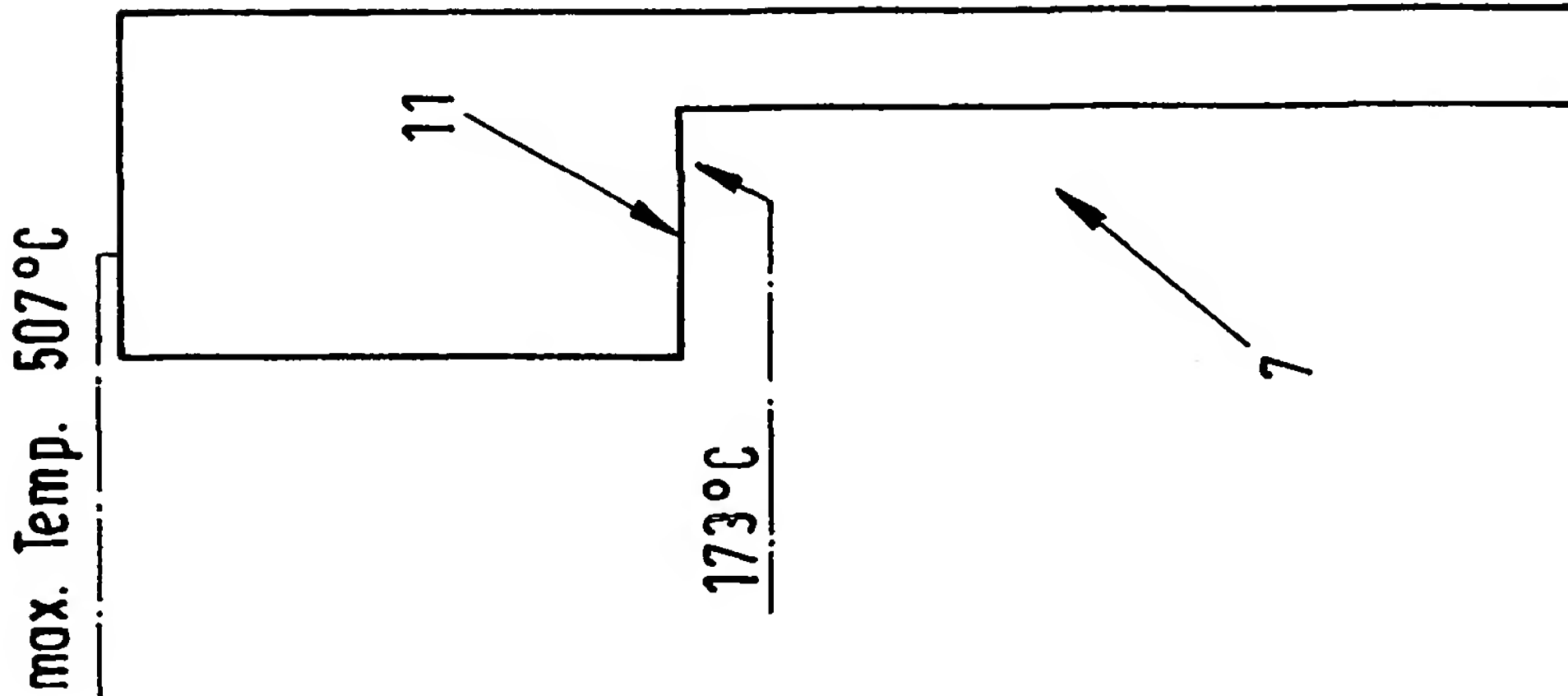


FIG. 4

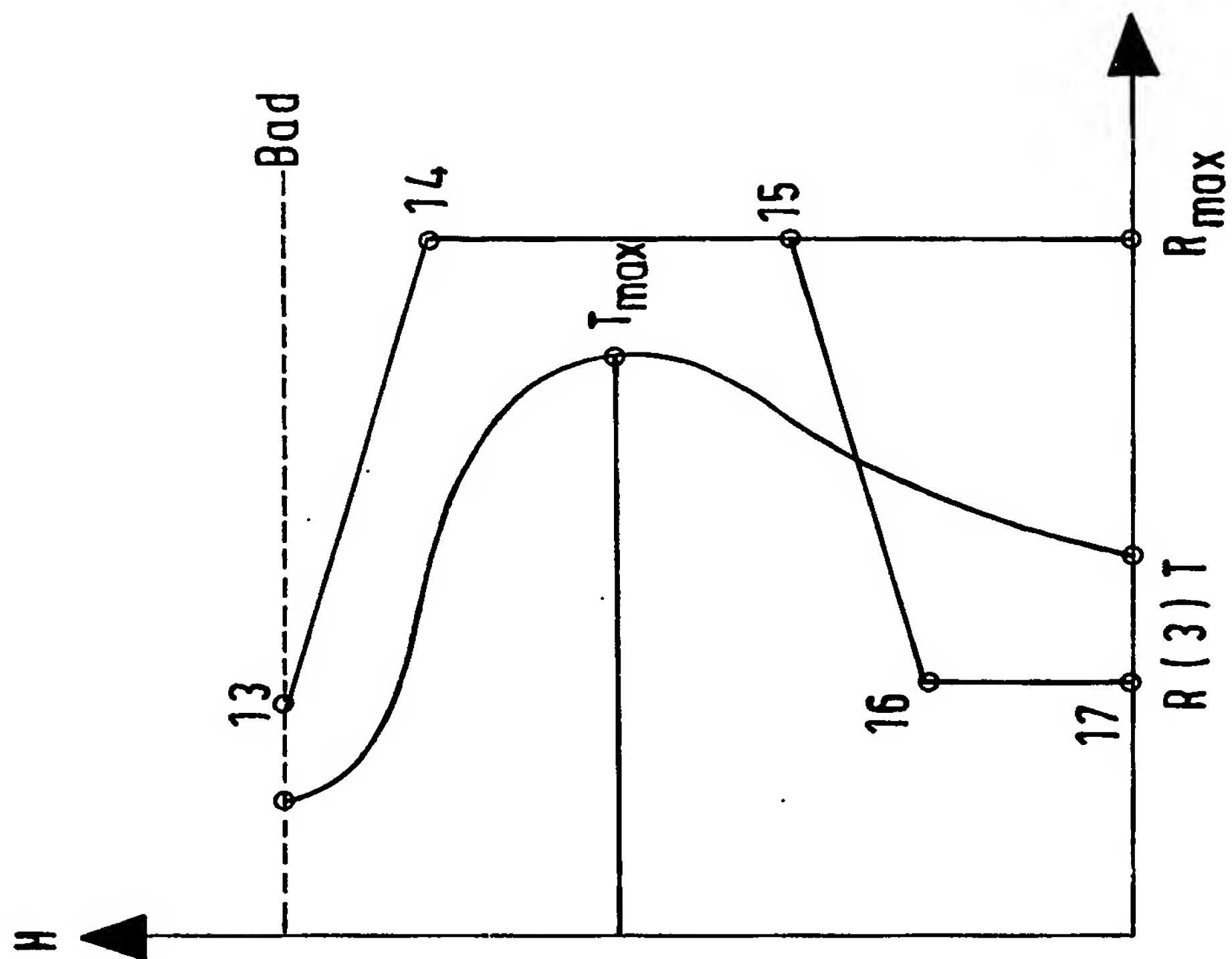


FIG. 6

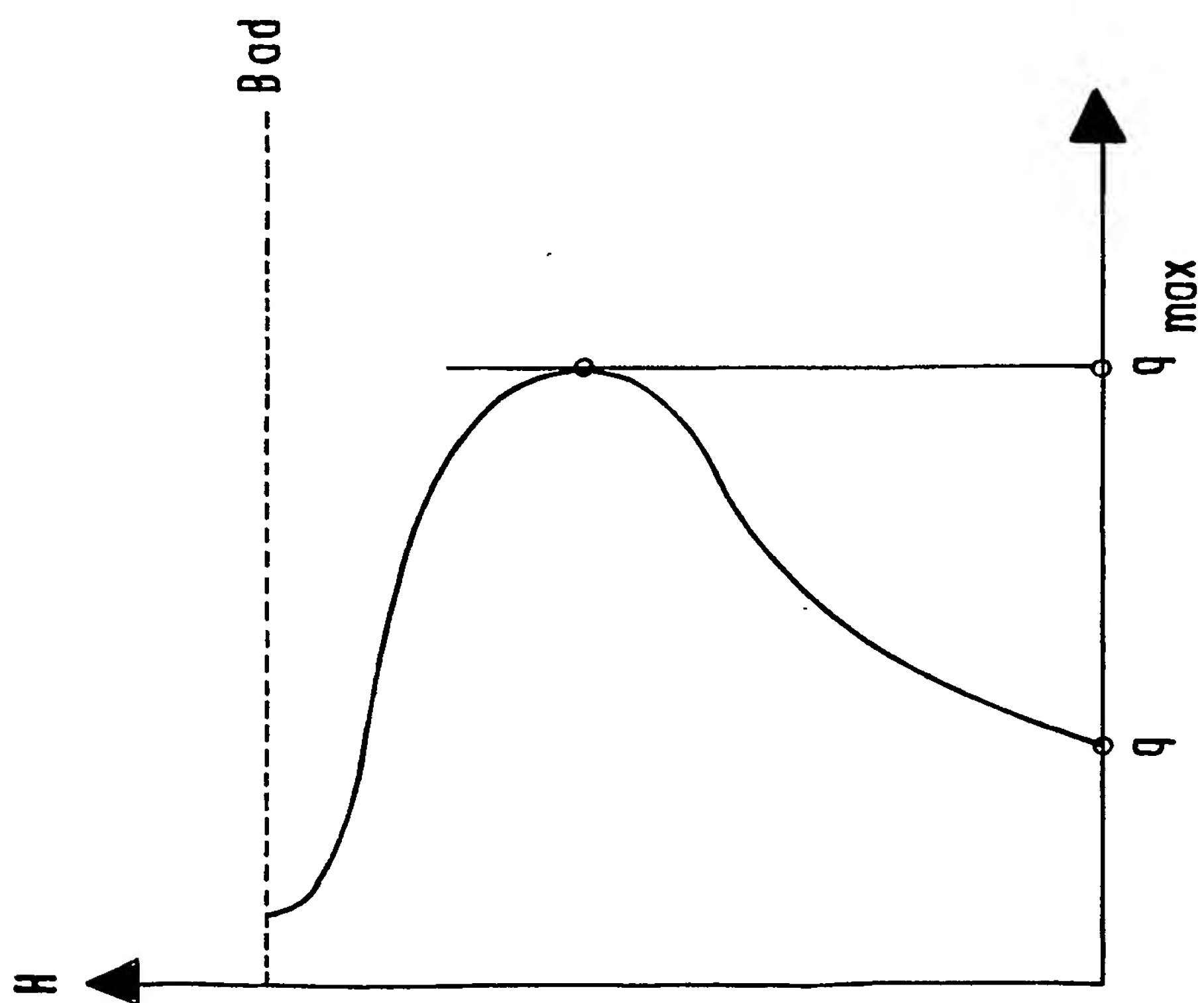


FIG. 7



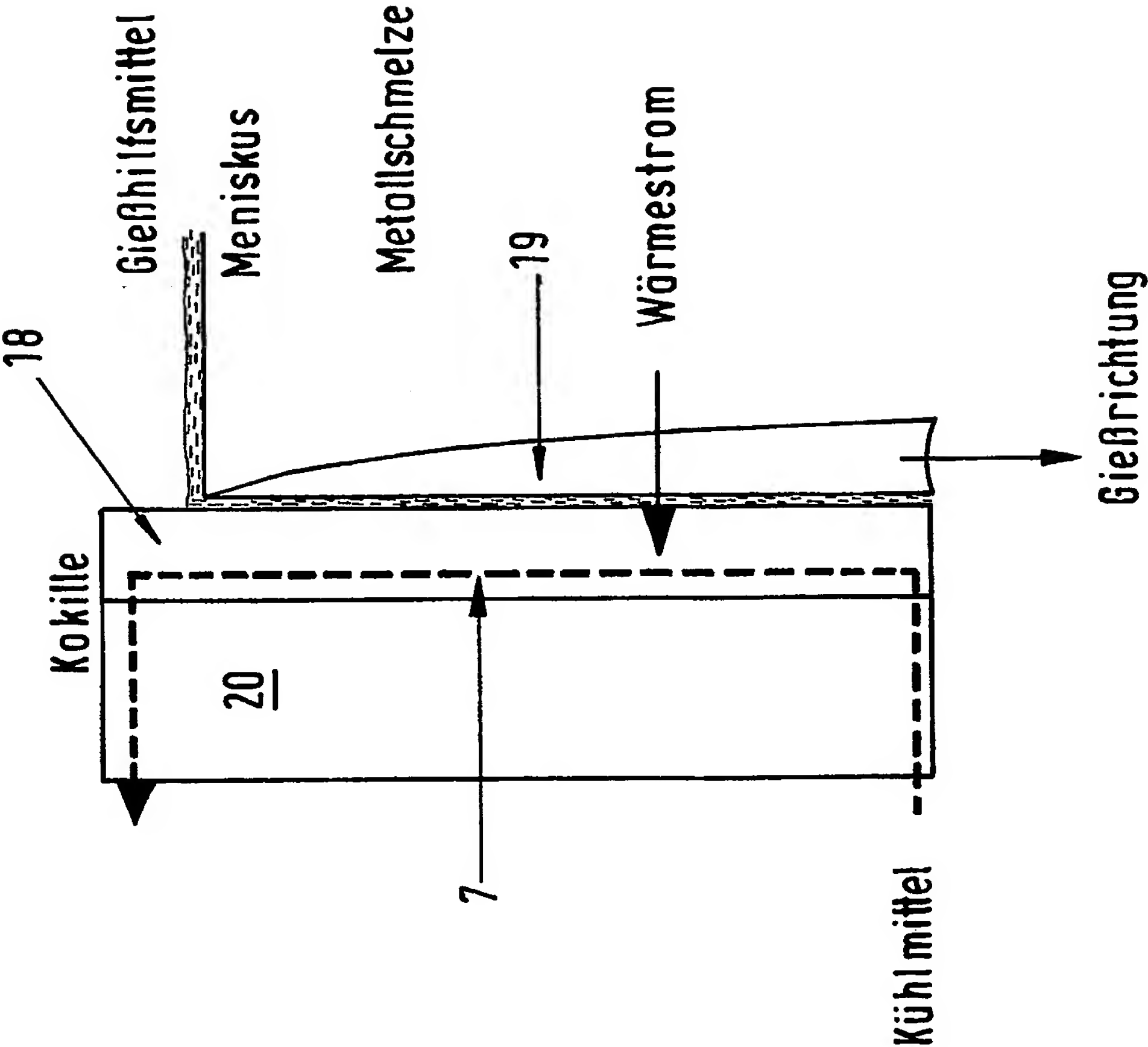


FIG. 8

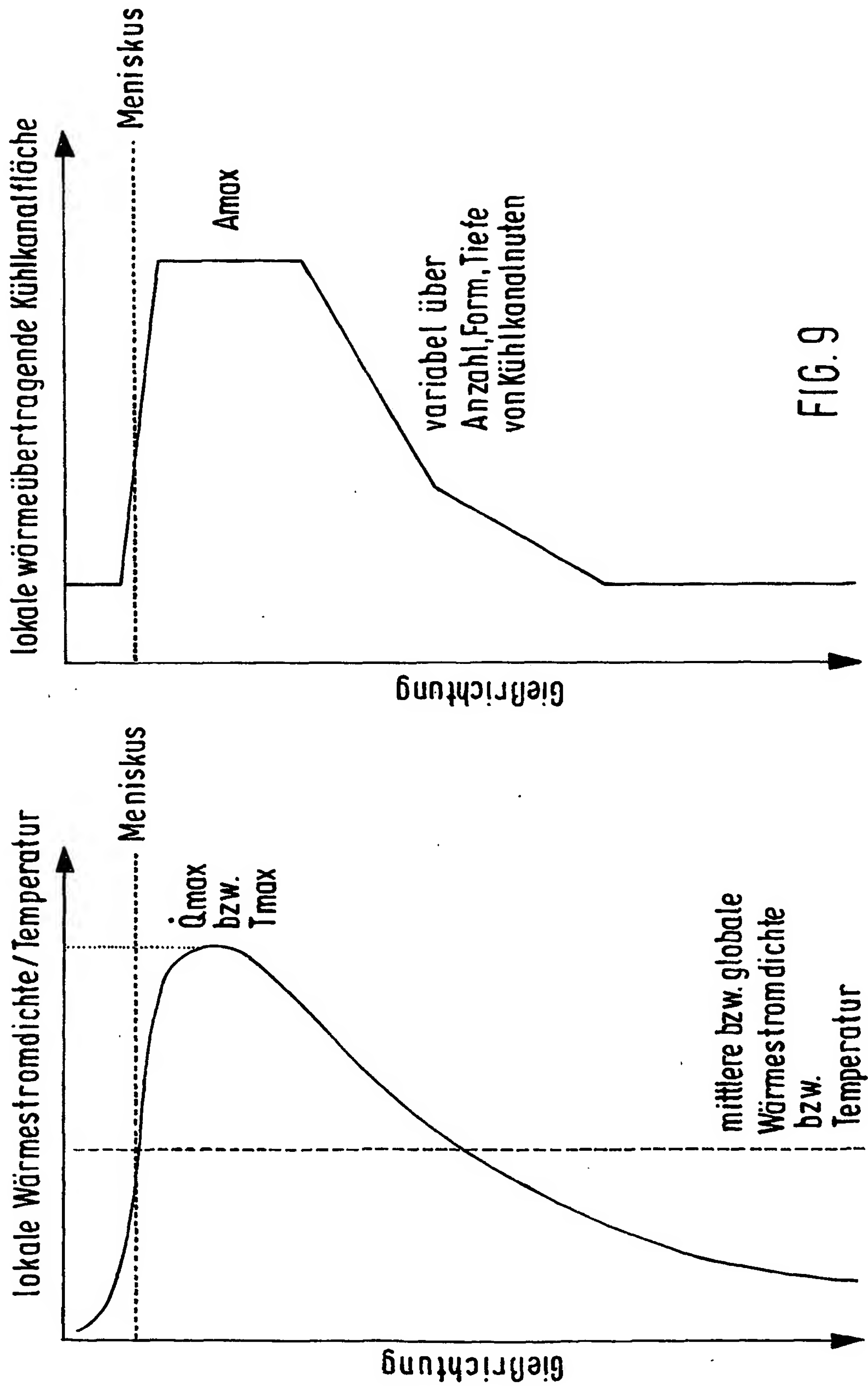


FIG. 9

7/9

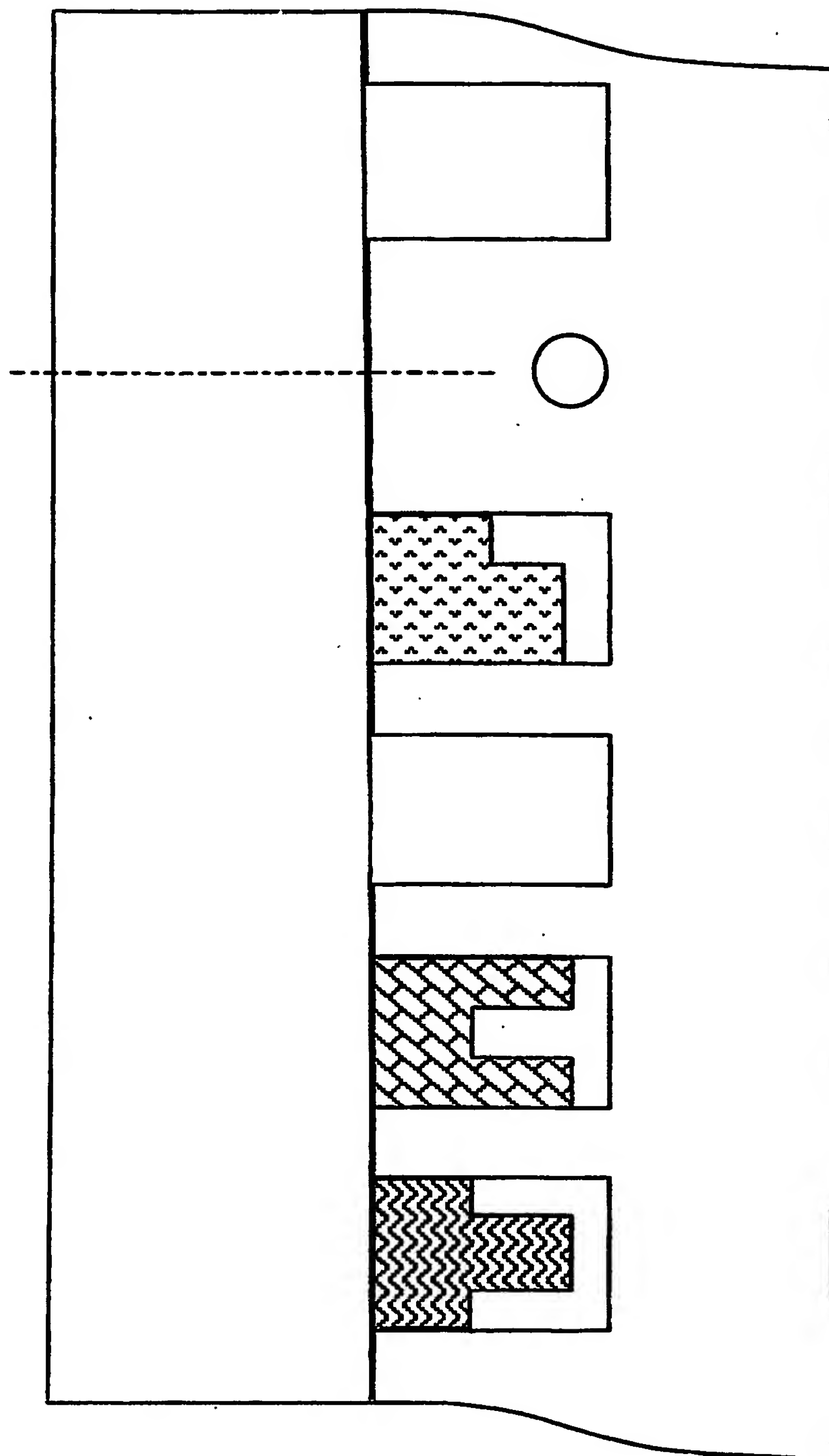


FIG.10

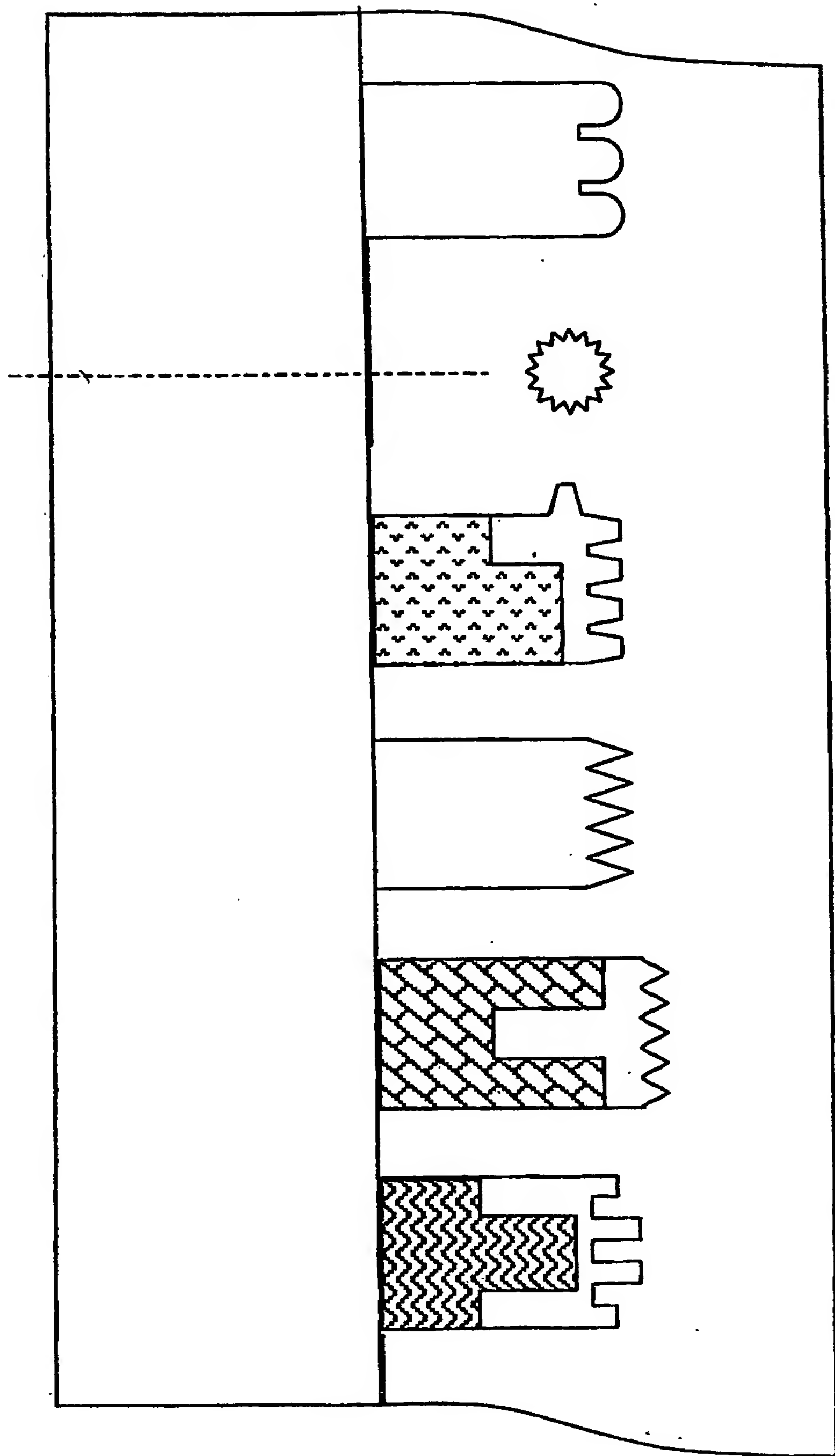
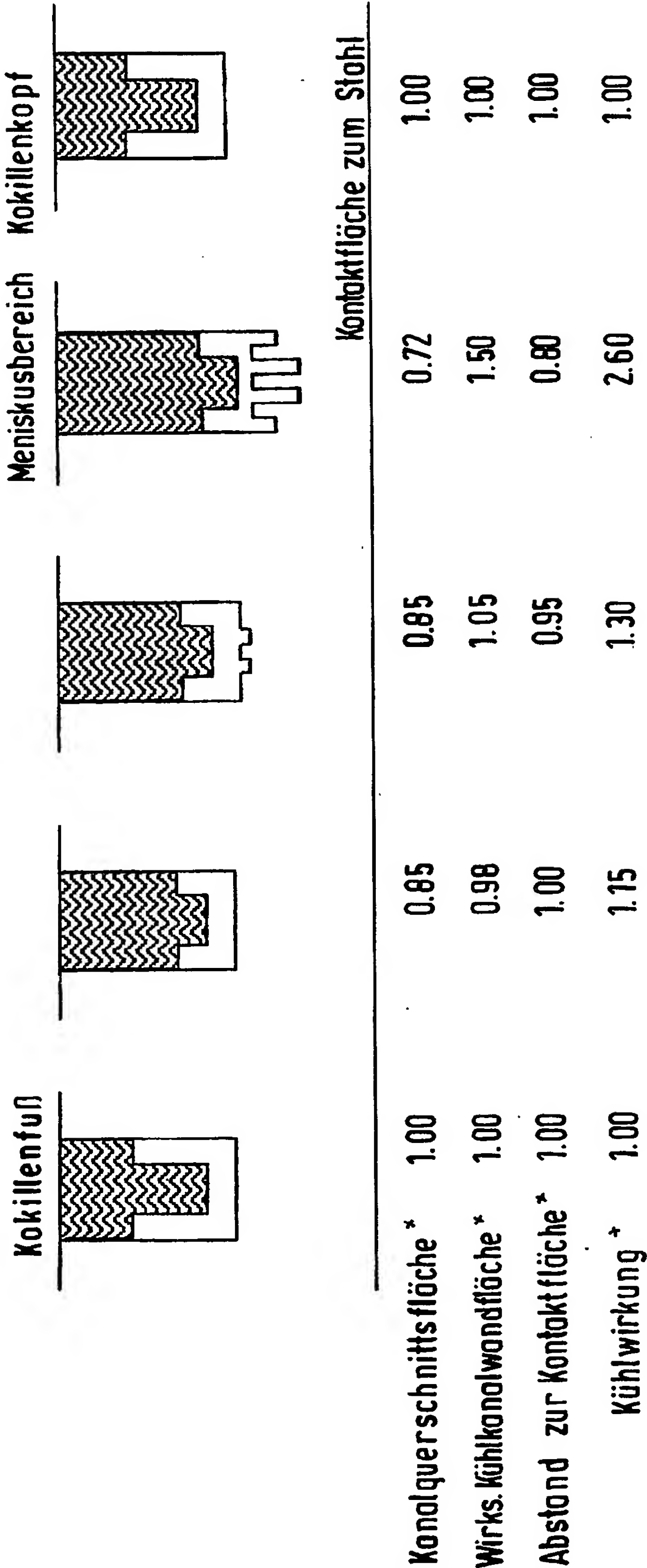


FIG. 11



\* Werte sind Relativwerte und nur exemplarisch

FIG.12



## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B22D11/055

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B22D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02 16061 A (SMS DEMAG AG ;PLESCHIUTSCHNIGG FRITZ PETER (DE)) 28 February 2002 (2002-02-28) abstract page 6, line 31 -page 11, line 5 figures 5,6	1-6
X	US 2001/017199 A1 (SEARS JAMES B ET AL) 30 August 2001 (2001-08-30) abstract paragraphs '0009!, '0011!, '0015!-'0028! figures 2-9	1,3-7,10
X	CH 685 865 A (CONCAST STANDARD AG) 31 October 1995 (1995-10-31) abstract page 2	1-5,8, 10,11
	--- -/--	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

15 July 2003

Date of mailing of the international search report

24/07/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Baumgartner, R

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 730 923 A (KM EUROPA METAL AG) 11 September 1996 (1996-09-11) abstract column 1, line 25 -column 2, line 16 figures 1,2 ---	1,2,4,5, 8-10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 12, 29 October 1999 (1999-10-29) & JP 11 179492 A (SUMITOMO METAL IND LTD), 6 July 1999 (1999-07-06) abstract ---	1-4,8,10
X	DE 198 52 473 C (SCHLOEMANN SIEMAG AG) 31 May 2000 (2000-05-31) abstract column 2, line 1 -column 3, line 40 figures 2,4 ---	1-4,8,10
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1999, no. 13, 30 November 1999 (1999-11-30) & JP 11 207442 A (SUMITOMO HEAVY IND LTD;SUMITOMO METAL IND LTD), 3 August 1999 (1999-08-03) abstract ---	1-4,11
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 006, no. 097 (M-134), 5 June 1982 (1982-06-05) & JP 57 031449 A (KOUKA KUROOMU KOGYO KK), 19 February 1982 (1982-02-19) abstract ---	1-4,11
X	US 3 595 302 A (MALLENER PAUL) 27 July 1971 (1971-07-27) abstract column 1, line 34 - line 40 column 3, line 51 -column 4, line 4; figures 3,4 ---	1,3-6,11
X	US 5 207 266 A (NAKASHIMA KUNIO ET AL) 4 May 1993 (1993-05-04) abstract column 1, line 39 - line 46 column 3, line 1-49 figures 1,2 ---	1-4
P,X	EP 1 206 986 A (SMS DEMAG AG) 22 May 2002 (2002-05-22) abstract paragraphs '0003!-'0016!; figures 1,2 ---	1-6
	--- -/--	

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	GB 1 082 988 A (BRITISH IRON STEEL RESEARCH) 13 September 1967 (1967-09-13) the whole document -----	9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PC P 03/02384

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0216061	A	28-02-2002	DE 10138988 A1 AU 9178001 A CA 2420232 A1 WO 0216061 A1 EP 1313578 A1	02-10-2002 04-03-2002 19-02-2003 28-02-2002 28-05-2003
US 2001017199	A1	30-08-2001	NONE	
CH 685865	A	31-10-1995	CH 685865 A5	31-10-1995
EP 0730923	A	11-09-1996	DE 19508169 A1 AT 205759 T BR 9600967 A CA 2171388 A1 CN 1137429 A , B DE 59607700 D1 DK 730923 T3 EP 0730923 A1 ES 2161929 T3 JP 9047844 A PL 313107 A1 PT 730923 T US 5797444 A ZA 9601921 A	12-09-1996 15-10-2001 30-12-1997 09-09-1996 11-12-1996 25-10-2001 31-12-2001 11-09-1996 16-12-2001 18-02-1997 16-09-1996 28-02-2002 25-08-1998 29-07-1996
JP 11179492	A	06-07-1999	NONE	
DE 19852473	C	31-05-2000	DE 19852473 C1 AT 224782 T CA -2351081 A1 DE 59902879 D1 WO 0029146 A1 EP 1128919 A1 ES 2185425 T3	31-05-2000 15-10-2002 25-05-2000 31-10-2002 25-05-2000 05-09-2001 16-04-2003
JP 11207442	A	03-08-1999	NONE	
JP 57031449	A	19-02-1982	NONE	
US 3595302	A	27-07-1971	NONE	
US 5207266	A	04-05-1993	NONE	
EP 1206986	A	22-05-2002	DE 10056910 A1 EP 1206986 A1 US 2002129922 A1	29-05-2002 22-05-2002 19-09-2002
GB 1082988	A	13-09-1967	NONE	